

ДИНАМИКА МАКРОМОЛЕКУЛ

УДК 541.64:539.3

© 1992 г. В. Н. Цветков, Л. Н. Андреева, А. П. Филиппов,
Г. С. Смирнова, С. С. Скороходов, А. Ю. Билибин

**УПРУГИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛИМЕРНОГО НЕМАТИКА
В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

С использованием метода «переходов Фредерикса» изучили упругие деформации однородно ориентированных слоев термотропного полимерного и низкомолекулярного нематиков в магнитном поле. В области ММ от $3 \cdot 10^3$ до $12,7 \cdot 10^3$ исследован ряд фракций ароматического ЖК-полизифира с силоксановым спейсером в основной цепи, а также низкомолекулярный фенилентерефталат («мономер»). Определены температурные зависимости степени порядка S и константы продольного изгиба K_3 , исследуемых фракций и образцов. В исследованном интервале ММ значения S и K_3 не зависят от ММ. Сделана оценка величин K_3/K_1 (где K_1 — константа упругости поперечного изгиба) для исследуемых полимера и мономера. Обсуждение полученных экспериментальных данных приводит к заключению о том, что ориентация молекул полимерного нематика в магнитном поле происходит по механизму локального движения его молекулярных цепей.

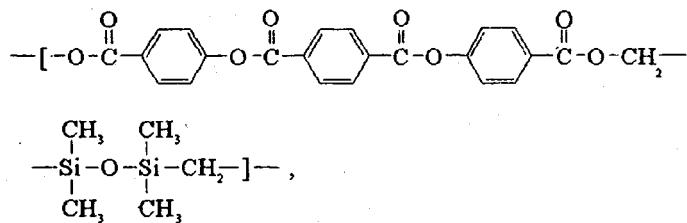
Модули (или константы) ориентационной упругости K_1 , K_2 , K_3 являются фундаментальными величинами, определяющими основные свойства жидкого кристалла. Они характеризуют силы межмолекулярного ориентационного взаимодействия в нематике, обеспечивающие существование дальнего порядка в мезофазе. Теория и методы экспериментального определения констант упругости низкомолекулярных жидких кристаллов, деформируемых магнитным или электрическим полями, были разработаны много лет назад [1—5]. С тех пор и в настоящее время эти методы, базирующиеся на пороговых «переходах Фредерикса», широко используются при изучении упругих деформаций и определении модулей упругости низкомолекулярных нематиков [6, 7].

В настоящее время хорошо известно, что как лиотропные, так и термотропные высокомолекулярные нематики могут быть существенно переориентированы магнитным или электрическим полями, напряжённости которых близки к их значениям, необходимым для переориентации низкомолекулярного нематика [8, 9]. Однако число работ, в которых переход Фредерикса был использован для определения модулей упругости полимерных (в основном лиотропных) жидких кристаллов [10, 11], весьма ограничено, что в первую очередь вызвано трудностью получения слоев полимерных нематиков, однородно ориентированных твердой подложкой. В ряде работ этих трудностей пытались избежать, изучая пороговые деформации низкомолекулярных нематиков, содержащих добавки термотропно мезогенных полимеров [12, 13], однако представляется очевидным, что получаемые при этом константы упругости могут характеризовать лишь

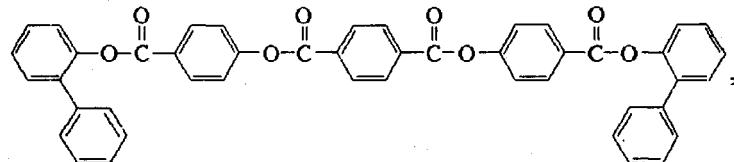
свойства «загущенного» растворителя, но не полимерного жидкого кристалла в массе. В последнее время появились работы, в которых константы упругости полимерных жидких кристаллов оценивали по анизотропии их мутности [14, 15] с использованием данных светорассеяния — косвенного метода, разработанного для низкомолекулярных нематиков [16, 17]. При этом предполагается, что в методе светорассеяния характер ориентации пристеночного слоя жидкого кристалла существенно не влияет на результаты. Однако правильность данного предположения не очевидна и еще требует основательной проверки.

Однородную гомеотропную текстуру в тонком слое термотропного полиэфира удалось получить, применяя традиционную для работ Фредерикаса и его школы [1—4] методику — используя плосковогнутые слои вещества, ограниченные плоской и сферической поверхностями кварцевых стекол [18]. Результаты исследования упругих деформаций в жидким кристаллах ароматического полиэфира с гибкими диэтилгликолевыми фрагментами в основной цепи были представлены в работе [19].

В настоящей работе с использованием той же методики [19] изучены упругие деформации и переходы Фредерикаса в магнитном поле в массе полимерного нематика — ароматического полиэфира с мезогенными ядрами и силоксановыми спейсерами в основной цепи (АПЭ-С)



плавящегося из кристаллической фазы в нематическую при $T_k = 170^\circ$ и переходящего в изотропную фазу при $T_o = 236^\circ$. Аналогичные исследования проведены также с низкомолекулярным эфиром (АЭ-7)



плавящемся из кристаллической фазы в изотропную при $T_k = 220^\circ$ и при охлаждении путем монотропного перехода из аморфной фазы при $T_o = 146^\circ$, образующего нематическую фазу.

Синтез АПЭ-С и АЭ-7 описан в работах [20, 21]. Исследования молекулярных характеристик АПЭ-С в разбавленных растворах [22] показали, что равновесная жесткость его молекул невелика: длина сегмента Куна $A \sim 28 \text{ \AA}$.

В работе исследованы пять фракций АПЭ-С, значения ММ которых, по данным работы [22], приведены в таблице. Температуры переходов T_k и T_o , определенные поляризационно-микроскопическими исследованиями, для всех фракций в пределах погрешности опыта совпадают с соответствующими температурами для нефракционированного полимера.

Сравнительно невысокая температура T_o фазового перехода АПЭ-С (далекая от температуры его термической деструкции) позволила надежно производить исследования его свойств в температурной области, близкой к T_o , в отличие от менее благоприятной ситуации, имевшей место в работе [19] при изучении высокотемпературного нематического полиэфира с диэтилгликолевыми спейсерами в цепи.

Применяемая экспериментальная методика описана в работе [19]. Использовали плоские кварцевые стекла и выпуклые линзы с радиусами кривизны R , равными 1,51 и 2,58 см. Для получения гомеотропной (нормальной) ориентации нематика в плосковогнутом слое стекла и

ММ фракций АПЭ-С и значения оптической анизотропии Δn , отношения $K_3/\Delta\chi$ и константы продольного изгиба K_3 полимерного и низкомолекулярного нематиков при разных относительных температурах $\Delta T = T - T_0$.

Фракция	$M \cdot 10^{-3}$	$-\Delta T^\circ$	Δn	$K_3/\Delta\chi$, дин	$K_3 \cdot 10^6$, дин
АПЭ-С					
I	3	11 40	0,098 0,137	9,0 13,9	0,71 1,52
II	3,8	8 10 16 16 27 34 35 43 46 48 52 59 70 78 80	0,107 0,105 0,105 0,117 0,124 0,122 0,142 0,147 0,138 0,151 0,147 0,152 0,162 0,157 0,165	8,0 10,0 12,0 10,6 12,9 13,0 15,0 11,4 14,8 15,3 13,4 15,0 17,0 14,6 18,0	0,61 0,78 1,03 0,91 1,26 1,36 2,10 1,58 1,27 1,68 1,77 1,58 1,80 2,30
III	4,5	15 29 32	0,120 0,136 0,134	12,9 14,1 13,9	1,09 1,41 1,42
IV	6,2	7 20 27 31 34 45 57 63 74	0,087 0,107 0,117 0,131 0,132 0,137 0,142 0,153 0,165	8,2 10,5 10,8 12,6 14,5 16,0 17,0 16,0 19,0	0,61 0,95 1,06 1,28 1,51 1,80 2,0 2,0 2,4
V	12,7	31	0,133	13,9	1,42
АЭ-7					
V	0,71	1 2 4 6 8 9 11 14 16 19 22 25	0,061 0,065 0,073 0,076 0,088 0,092 0,091 0,098 0,095 0,106 0,104 0,106	3,41 3,4 3,63 — 3,9 4,12 4,50 4,47 4,50 5,11 5,10 —	0,34 0,36 0,49 — 0,54 0,59 0,66 0,65 0,72 0,85 0,88 —

линзы, служащие стенками препарата, предварительно протравливали концентрированной серной кислотой с последующим промыванием дистиллированной водой. Препарат помещали в латунную электропечь, работавшую в области температур от 20 до 350°, температуру регулировали с ошибкой $< 0,5^\circ$. Измерения проводили в магнитном поле напряженностью до 27 000 Э, параллельном плоскости слоя исследуемого нематика. Последний наблюдался в поляризационный микроскоп (оси скрещенных поляроидов наклонны под углами $\pm \pi/4$ к направлению поля H) и его картину фиксировали на фотопленке.

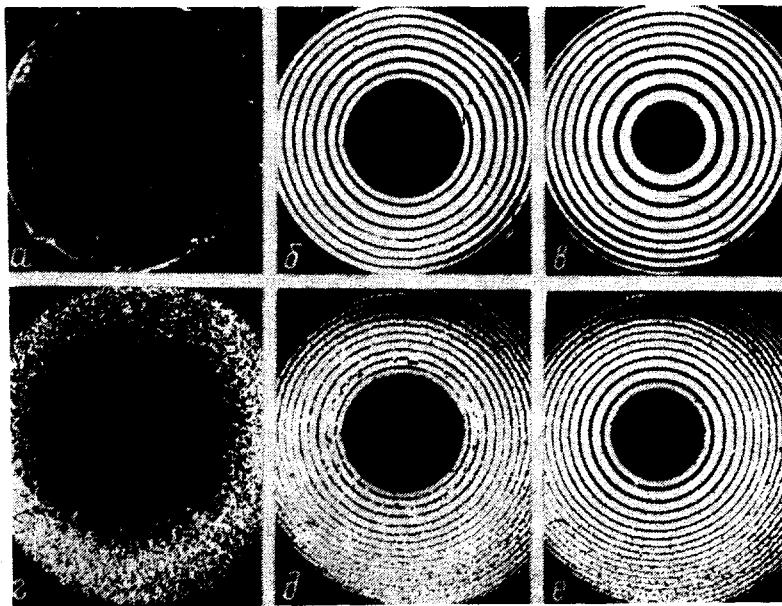


Рис. 1. Поляризационно-микроскопические картины низкомолекулярного (а—с) и полимерного ($M = 6.2 \cdot 10^3$, $г—е$) нематиков в отсутствие поля (а, $г$) и в присутствии деформирующего поля $H = 6300$ ($б$), 9400 ($д$) и $16\,000$ Э ($в, е$).

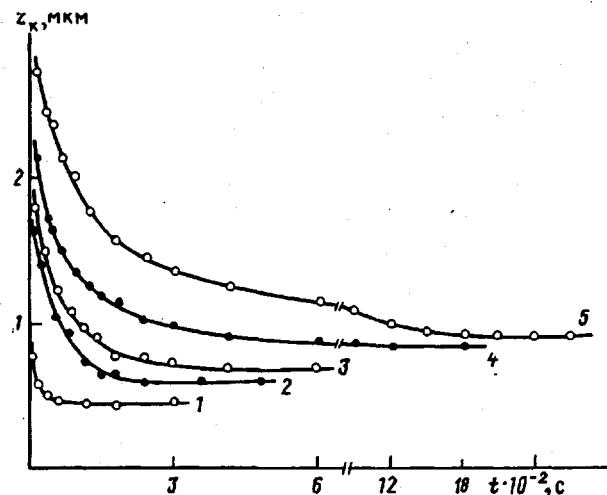


Рис. 2. Изменение во времени t критической толщины z_k после включения магнитного поля $H = 16\,000$ Э при АЭ-7 при $\Delta T = -25$ (1) и для АПЭ-С ($M = 6.2 \cdot 10^3$) при $\Delta T = -16$ (2), -27 (3), -52 (4) и -80° (5); $\Delta T = T - T_0$, где T — температура исследуемого вещества

На рис. 1 представлены поляризационно-микроскопические картины плосковогнутых слоев низкомолекулярного и полимерного нематиков при скрещенных поляризаторах. Видно, что в отсутствие магнитного поля гомеотропная текстура низкомолекулярного АЭ-7 распространяется на весь находящийся в поле зрения препарат (до толщины слоя 0,2 мм, рис. 1, а). В случае полимерного ЖК гомеотропная текстура четко выражена лишь в центральной части образца в слоях, толщиной не более 0,03 мм (рис. 1, г). Этим иллюстрируются трудности, возникающие (как было указано выше) при исследовании упругих деформаций полимерных нематиков.

В присутствии магнитного поля на фотографиях отчетливо видна де-

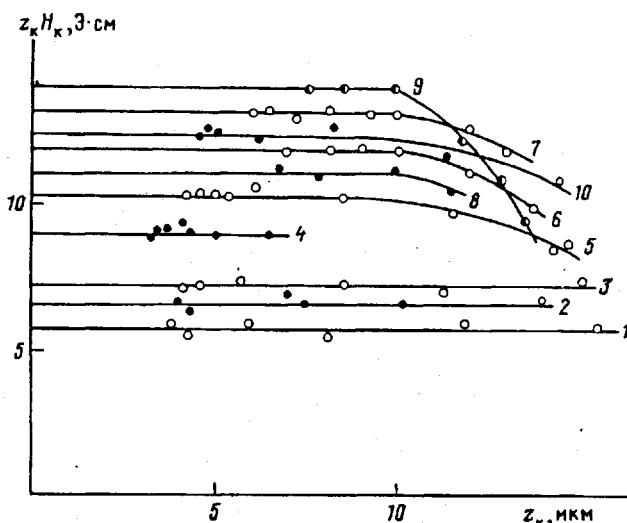


Рис. 3. Зависимость величины $z_k H_k$ от толщины слоя z_k для АЭ-7 при $\Delta T = -1$ (1), -9 (2), -19° (3) и для фракций АПЭ-С: $M = 3,8 \cdot 10^3$ при $\Delta T = -8$ (4), -16 (5), -48 (6), -70° (7); $M = 6,2 \cdot 10^3$ при $\Delta T = -31$ (8), -74° (9) и $M = 1,27 \cdot 10^4$ при $\Delta T = 31^\circ$ (10)

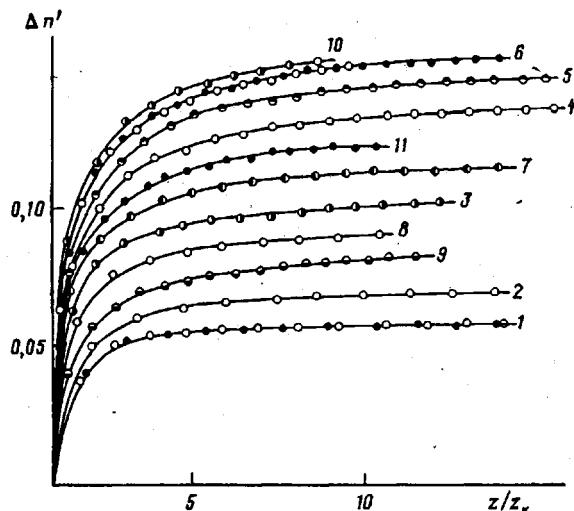


Рис. 4. Зависимость эффективного ДЛП $\Delta n'$ низкомолекулярного (1—3) и полимерного с $M \cdot 10^{-3} = 3,8$ (4—6); 4,5 (7); 3 (8); 6,2 (9—10) и 12,7 (11) нематиков от относительной толщины слоев z/z_k , деформированных магнитным полем $H = 25\,000$ Э при $\Delta T = -1$ (1), -4 (2), -25 (3), -35 (4), -53 (4), -70 (6), -15 (7), -11 (8), -70 (9), -74 (10) и -31° (11)

формация, которая носит пороговый характер: существует критическая граница, отделяющая недеформированную часть препарата (темная гомеотропная область) от деформированной. В последней наблюдаются концентрические интерференционные полосы — кривые равной толщины, для которых оптическая разность хода кратна длине волны света ($\lambda = 546$ нм). При увеличении напряженности магнитного поля радиус окружности критической границы r_k уменьшается, что иллюстрирует уменьшение критической толщины

$$z_k = R - \sqrt{R^2 - r_k^2}.$$

Для получения количественных данных о равновесных упругих и оп-

тических характеристик вещества необходимо проследить динамику установления деформации во времени t . На рис. 2 видно, что при близких относительных температурах $\Delta T = T - T_0$ время, необходимое для достижения равновесного состояния в полимерном нематике, на порядок превосходит соответствующее время для низкомолекулярного ЖК. При этом время переориентации АПЭ-С заметно возрастает при удалении от температуры фазового перехода T_0 .

Все количественные результаты, обсуждаемые в дальнейшем, относятся к условиям равновесия, т. е. к состоянию системы, когда процесс переориентации под действием магнитного поля полностью завершен.

Для исследуемой здесь деформации продольного изгиба основным законом, определяющим переход Фредерикса, является соотношение

$$z_k H_k = \pi \sqrt{K_3 / \Delta \chi}, \quad (1)$$

где H_k — напряженность магнитного поля, соответствующего критической толщине слоя z_k , $\Delta \chi$ — диамагнитная анизотропия единицы объема нематика, K_3 — константа упругости продольного изгиба. Согласно формуле (1), при постоянной температуре произведение $z_k H_k$ должны быть постоянным в слоях различной толщины.

Степень выполнимости этого соотношения иллюстрирует рис. 3, где представлена зависимость $z_k H_k$ от толщины z_k для низкомолекулярного и ряда фракций высокомолекулярного нематиков. Из приведенных данных видно, что для низкомолекулярного АЭ-7 величина $z_k H_k$ действительно остается постоянной во всей области значений z_k . Напротив, для полимерного нематика закон Фредерикса (1) выполним лишь в слоях, толщина которых z_k не превосходит 10 мкм. Поэтому для определения отношений $K_3 / \Delta \chi$ по формуле (1) для АПЭ-С мы использовали экспериментальные значения $z_k H_k$, полученные в тонких слоях ($z < 0,01$ мм), где $z_k H_k$ постоянно. Значения $K_3 / \Delta \chi$ для исследованных ЖК представлены в таблице. Как четко выраженный пороговый характер наблюдаемых деформаций (рис. 1), так и выполнение закона Фредерикса в тонких слоях, позволяют считать, что изучаемые нами текстурные превращения происходят в условиях сильного сцепления молекул нематика с поверхностью твердой стенки.

Другой важной характеристикой мезофазы, которую можно определить, используя поляризационно-микроскопические картины рис. 1, является разность двух главных показателей преломления $n_e - n_o = \Delta n$ — оптическая анизотропия нематика. В плосковогнутом слое нематика, деформированного однородным магнитным полем, эффективная анизотропия $\Delta n' = n'_e - n'_o$ в какой-нибудь точке препарата зависит от толщины слоя z в этой точке. Она может быть определена по числу интерференционных полос m , отсчитанных от критической границы до рассматриваемой точки из соотношения

$$\Delta n' = n'_e - n'_o = \frac{m\lambda}{z} \quad (2)$$

На рис. 4 представлена величина $\Delta n'$ в зависимости от относительной толщины слоя z/z_k для АПЭ-С и АЭ-7 в сильных магнитных полях при различных температурах. Предельное значение эффективного ДЛП $\Delta n'$, достигаемое в области больших толщин слоя z/z_k , дает величину оптической анизотропии $\Delta n = n_e - n_o$ полностью ориентированного нематика при данной температуре. Для нахождения Δn по экспериментальным значениям $\Delta n'$ в области больших z/z_k полезна приближенная формула

$$\frac{\Delta n'}{\Delta n} = 1 - 2z_k/\pi z$$

Значения Δn , полученные для АПЭ-С и АЭ-7, приведены в таблице.

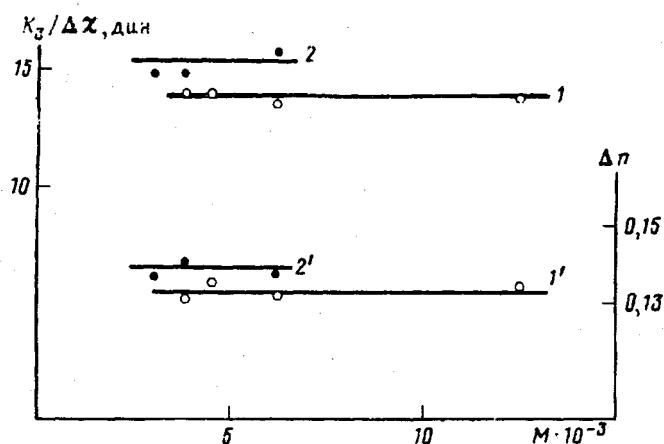


Рис. 5. Зависимость величин $K_3/\Delta\chi$ (1, 2) и Δn (1', 2') от ММ для АПЭ-С при $\Delta T = -32 \pm 2^\circ$ (1, 1') и $-44 \pm 2^\circ$ (2, 2')

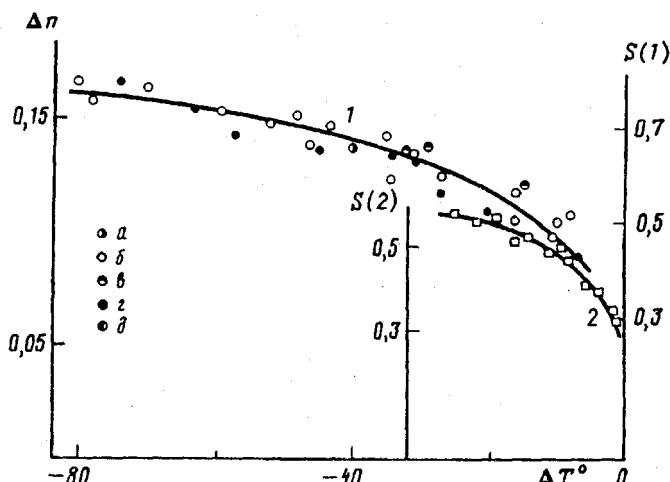


Рис. 6. Температурная зависимость оптической анизотропии Δn и параметра порядка S для АПЭ-С (1) и АЭ-7 (2). $M \cdot 10^{-3} = 3$ (а); 3,8 (б); 4,5 (в); 6,2 (г) и 12,7 (д)

Рассматривая экспериментальные данные, представленные в таблице, прежде всего можно заметить, что для полимерного жидкого кристалла значения оптической анизотропии Δn и отношения константы упругости к диамагнитной анизотропии $K_3/\Delta\chi$ в исследованной области не зависят от ММ. Это иллюстрирует рис. 5, на котором значения Δn и $K_3/\Delta\chi$ для АПЭ-С представлены в зависимости от молекулярного веса фракций при двух относительных температурах ΔT . Такой результат позволяет сделать два существенных заключения.

Во-первых, поскольку оптическая анизотропия Δn нематика непосредственно характеризует степень его ориентационного порядка S [23], постоянство Δn в ряду ММ означает, что для фракций одного и того же полимерного нематика, различающихся по ММ, при постоянном значении ΔT степень порядка S одинакова.

Во-вторых, поскольку $\Delta\chi$ является столь же однозначной функцией степени порядка S как и Δn [23], постоянство S и $K_3/\Delta\chi$ в ряду ММ означает равенство значений $\Delta\chi$ и, соответственно, K_3 для разных фракций полимерного нематика при заданных температурных условиях (ΔT постоянно).

На рис. 6 представлена зависимость оптической анизотропии Δn от относительной температуры ΔT для фракций полимерного нематика и низкомолекулярного АЭ-7. В соответствии с результатом, обсуждавшимся выше, точки, относящиеся к различным фракциям АПЭ-С, в пределах погрешности опыта группируются около одной кривой 1. Абсолютные значения Δn на кривой 1 и их зависимость от ΔT практически не отличаются от данных, полученных для нефракционированного АПЭ с диэтиленгликолевым спейсером и его мономера [19]. Они также соответствуют данным для низкомолекулярных нематиков со сходной структурой молекул: аллоксибензойных кислот [24], их эфиров [25] и других производных ароматических эфиров [7], однако заметно ниже анизотропии алкилоксибензолов, содержащих анизотропные азотные группы [2, 26].

Значения Δn для АЭ-7 (рис. 6, кривая 2) близки к значениям Δn для АПЭ-С, хотя и несколько ниже последних. Это различие может быть следствием того, что часть анизотропных фенильных циклов в молекуле АЭ-7 являются боковыми заместителями, не вносящими заметного вклада в положительную оптическую анизотропию молекулы.

Температурная зависимость Δn , представленная на рис. 6, отражает изменение параметра порядка S с температурой. Шкалу Δn условно можно преобразовать в шкалу S , если как и для низкомолекулярных нематиков [7], принять $S = 0,5$ при $\Delta T = -13^\circ$ [27]. При этом условии, согласно кривой 1 (рис. 6), степень порядка полимерного нематика меняется от значения $S = 0,4$ при $\Delta T = -5^\circ$ до $S = 0,75$ при $\Delta T = -80^\circ$.

Для определения констант упругости K_3 по экспериментально найденным величинам $K_3/\Delta \chi$ необходимо знать величину удельной диамагнитной анизотропии $\Delta \chi$. Величину $\Delta \chi$ можно оценить, используя данные работы [27], где экспериментально показано, что молярные магнитные анизотропии $\Delta \chi_m$ низкомолекулярных ЖК пропорциональны числу бензольных колец в их молекулах.

Для низкомолекулярного АЭ-7 за величину удельной диамагнитной анизотропии можно принять значение $\Delta \chi$, найденное в работе [27] для аниазал-*n*-аминоабензола (АААБ), поскольку массовые доли ароматических колец и плотности ρ этих соединений близки (73% для АААБ и 75% для АПЭ-С, $\rho \approx 1,3$ г/см³). Для полимерного нематика $\Delta \chi$ определена с использованием величины $\Delta \chi$ для АААБ [27] с учетом того, что массовая доля ароматических циклов в повторяющемся звене цепи составляет 40%, плотность ρ также равна $\approx 1,3$ г/см³. На рис. 7 приведены температурные зависимости $\Delta \chi$, полученные на основании этих соображений, а в области $T_o - T > 40^\circ$, где данных для АААБ нет, с использованием температурной зависимости степени ориентационного порядка S . Видно, что значения $\Delta \chi$ для АЭ-7 практически в 2 раза превосходят соответствующие величины для АПЭ-С (при близких температурах ΔT). Полученные значения $\Delta \chi$ для полимера находятся в хорошем соответствии с данными работы [28], в которой значения диамагнитной анизотропии для нематического полиэфира, близкого по химической структуре к исследованному в настоящей работе, определены методом магнитных весов.

Используя экспериментальные значения $K_3/\Delta \chi$ (таблица) и значения диамагнитной анизотропии $\Delta \chi$, получаем для полимерного и низкомолекулярного нематиков величины констант упругости продольного изгиба K_3 (таблица).

Температурные зависимости K_3 представлены на рис. 7 (кривая 1). В исследованном интервале температур ($-\Delta T$ от 7 до 80°) экспериментальные точки, соответствующие различным фракциям АПЭ-С, группируются около одной кривой, иллюстрируя независимость K_3 полимерного нематика от

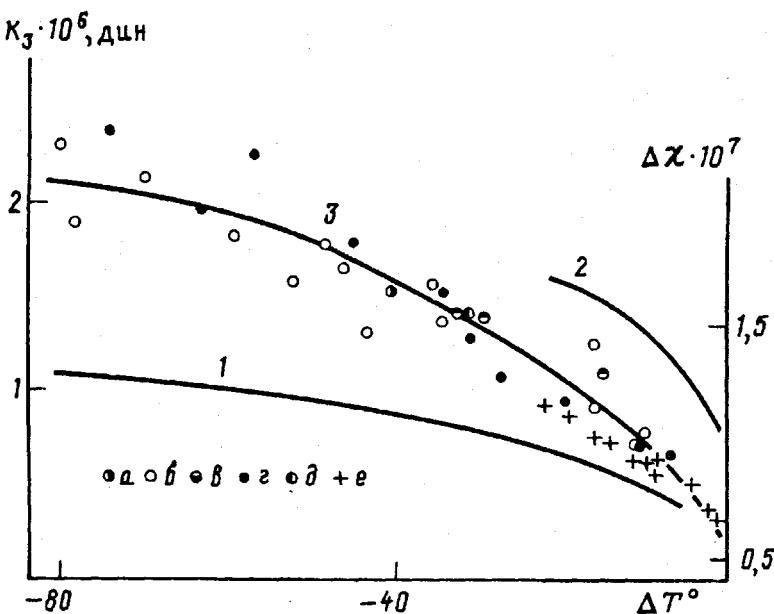


Рис. 7. Температурная зависимость диамагнитной анизотропии $\Delta\chi$ для АПЭ-С (2) и АЭ-7 (3) и константы упругости K_3 (1) для АЭ-7 (а) и фракций АПЭ-С с $M \cdot 10^{-3}$ – 3 (б); 3,8 (в); 4,5 (г); 6,2 (д) и 12,7 (е)

ММ. В области относительно малых $-\Delta T$ (0 – 20°), где имеются данные для низкомолекулярных нематиков величины K_3 для полимерного нематика в пределах погрешности опыта совпадают со значениями K_3 , как для АЭ=7, так и для мономера, исследованного в работе [19]. Они близки также к значениям K_3 , известным для других низкомолекулярных термотропных нематиков [6, 7]. В области относительно низких температур ($T_0 - T \approx 80^\circ$) значения K_3 для АПЭ-С практически совпадают с величиной K_3 , полученной для другого высокомолекулярного нематика (АПЭ – ДЭГ) в работе [19].

Из общих представлений о молекулярном ориентационном взаимодействии в нематике следует ([23], уравнение (14)), что по порядку величины константа упругости K_1 должна быть близка к отношению U/l , где U и l – энергия взаимодействия и линейные размеры взаимодействующих молекул соответственно. Поскольку $U \approx kT$, для низкомолекулярного нематика ($l \sim 10^{-7}$ см) следует порядок величины $K_1 \approx 10^{-7}$ дин, что и наблюдается на опыте. Для исследованного нами АПЭ-С полученные значения K_3 совпадают (при равных ΔT) с величинами K_3 для низкомолекулярных нематиков. Этот результат можно рассматривать как указание на то, что в случае полимерного нематика линейные размеры структурных единиц, взаимодействующих с магнитным полем, близки к размерам молекул низкомолекулярного нематика. Отсюда возникает представление, что ориентация молекул полимерного нематика в магнитном поле происходит путем мелкомасштабного, локального движения его молекулярных цепей, при котором кинетическими единицами, ориентирующимися в поле, являются мезогенные эфиро-ароматические ядра полимерной цепи.

Полная характеристика упругих свойств нематика требует знания кроме K_3 двух других модулей упругости – поперечного изгиба K_1 и кручения K_2 . Прямое экспериментальное определение констант K_1 и K_2 требует изучения текстурных переходов Фредерикса в планарно ориентированных слоях, получить которые для АПЭ-С пока не удалось.

Полученные выше зависимости эффективного двойного лучепреломления $\Delta n'$ от приложенного магнитного поля H могут быть использованы для

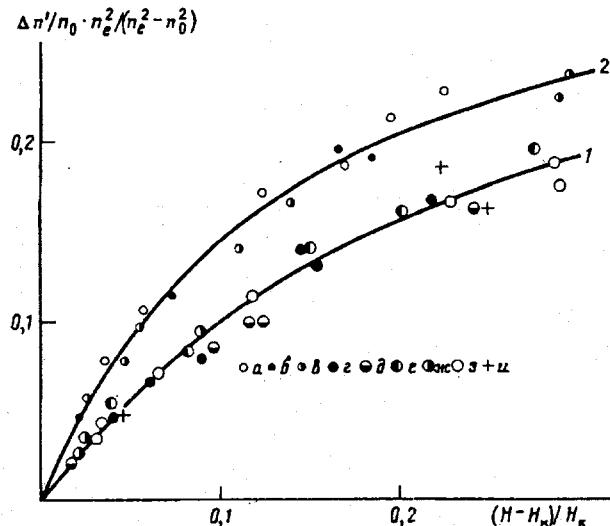


Рис. 8. Зависимость эффективного двойного лучепреломления $\Delta n'$ от относительной напряженности магнитного поля $(H - H_k)/H_k$ для АПЭ-С (1) и АЭ-7 (2) при $\Delta T = -4$ (а), -14 (б), -22 (в), -8 (г), -16 (д), -29 (е), -48 (ж), -59 (з) и -78° (у). ММ полимера $M \cdot 10^{-3} = 3$ (е) и $6,2$ (б, д, ж, з, и)

определения анизотропии упругости исследованных нематиков, выраженной отношением K_3/K_1 , где K_1 — константа упругости поперечного изгиба. В области магнитных полей H , незначительно превышающих пороговое напряжение H_k , согласно теории [5], зависимость $\Delta n'$ от H описывается соотношением

$$\frac{\Delta n'}{n_o} \cdot \frac{n_e^2}{n_e^2 - n_o^2} = \frac{K_3}{K_1} \cdot \frac{H - H_k}{H_k} \text{ при } (H - H_k)/H_k \ll 1 \quad (2)$$

Экспериментальные трудности, возникающие при использовании этого метода в применении к полимерному нематику, связаны с необходимостью вести измерения в тонких (< 10 мкм) слоях, для которых разность фаз интерферирующих лучей не превосходит 2π (число полос $m < 1$). С учетом этого представленные результаты для АПЭ-С можно рассматривать лишь как качественные.

На рис. 8 представлены полученные нами зависимости $\Delta n'$ от H для АПЭ-С и АЭ-7 с учетом данных измерений при различных температурах. По начальным наклонам полученных кривых определены отношения K_3/K_1 , которые оказались равными $1,2 \pm 0,2$ для полимерного и $2,1 \pm 0,2$ для низкомолекулярных нематиков. Величина K_3/K_1 для АЭ-7 лежит в области значений, обычных для термотропных низкомолекулярных нематиков [4, 7]. То же можно сказать о величине K_3/K_1 для АПЭ-С. При этом следует отметить, что она много меньше значения 8,8, полученного для лиотропного нематика вируса табачной мозаики [11]. С позиций теории «твердых палочек» [29] это может означать меньшую асимметрию формы кинетической единицы нематика АПЭ-С по сравнению с палочкообразной частицей вируса. Во всяком случае близость значений K_3/K_1 для АПЭ-С и низкомолекулярных нематиков и резкое отличие их от величины K_3/K_1 для нематика вируса табачной мозаики согласуется с концепцией локального механизма ориентации термотропного полимерного нематика в магнитном поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Fredericks V. K., Zolina V. V.*//Z. für Kristallogr. 1931. B. 79. № 1—4. S. 255.
2. *Fredericks V. K., Tsvetkov V. N.*//Phys. Z. Soviet. 1934. B. 6. № 5. S. 490.
3. *Fredericks V. K., Tsvetkov V. N.*//Acta phys.-chim. URSS. 1935. V. 3. № 6. P. 879, 895.
4. *Tsvetkov V. N.*//Acta phys.-chim. URSS. 1937. V. 6. № 6. P. 865.
5. *Saupe A.*//Z. Naturforsch. 1960. B. 15a. S. 815.
6. Блинов Л. М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М., 1978.
7. *De Jeu W. H.* Physical Properties of Liquid Crystalline Materials. N. Y., 1980.
8. Тальрозе Р. В., Шибаев В. П., Платэ Н. А.//Высокомолек. соед. А. 1983. Т. 45. № 12. С. 2467.
9. *Finkelmann H., Rehage G.*//Advances Polymer Sci. 1984. V. 60/61. P. 99.
10. *Du Pre D. B.*//Polymer Liquid Crystals/Ed. by Ciferri A., Krigbaum W. R., Meyer R. B. N. Y., 1982. Ch. 7. P. 165.
11. *Hurd A. J., Fraden S., Lonberg F., Meyer R. B.*//J. phys. 1985. V. 46. № 6. P. 905.
12. *Gilli J. M., Sixou P., Blumstein A.*//J. Polymer Sci. Polymer Letters. 1985. V. 23. № 7. P. 379.
13. *Hopwood A. I., Coles H. J.*//Polymer. 1985. V. 26. № 8. P. 1312.
14. *Hakemy H.*//Molec. Cryst. Liquid Cryst. 1987. V. 153. P. 99.
15. *Se K., Berry G. C.*//Molec. Cryst. Liquid Cryst. 1987. V. 153. P. 133.
16. *De Gennes P. G.*//Compt. rend. 1968. V. 266. P. 15.
17. *Langevin D., Bouchiat M.*//J. phys. 1975. V. 36. Suppl. C1. P. 197.
18. *Tsvetkov V. N., Kolomietz I. P., Lezov A. V., Andreeva L. N., Bilibin A. Yu., Skorokhodov S. S.*//Abstracts of 6th Intern. Liquid Cryst. Conf. of Soc. Countries. Halle, 1985.
19. Цветков В. Н., Коломец И. П., Степченков А. С., Алимов С. В., Билибин А. Ю., Скороходов С. С.//Высокомолек. соед. А. 1989. Т. 31. № 4. С. 700.
20. Зуев В. В., Смирнова Г. С., Тарасова И. И., Скороходов С. С.//Высокомолек. соед. Б. 1989. Т. 31. № 10. С. 784.
21. Билибин А. Ю., Степанова А. Р. //Высокомолек. соед. А. 1989. Т. 31. № 10. С. 2218.
22. Бушин С. В., Андреева Л. Н., Астапенко Э. П., Смирнова Г. С., Скороходов С. С., Цветков В. Н.//Высокомолек. соед. Б. 1991. Т. 33. № 12. С. 913.
23. *Tsvetkov V. N.* Acta Physicochimica URSS. 1942. V. 16. № 3. P. 132.
24. Рюмцев Е. И., Ковшик А. П., Коломец И. П., Цветков В. Н.//Кристаллография. 1973. Т. 18. № 6. С. 1246.
25. Ковшик А. П., Дените Ю. И., Рюмцев Е. И., Цветков В. Н.//Кристаллография. 1975. Т. 20. № 4. С. 861.
26. Цветков В. Н., Рюмцев Е. И., Коломец И. П., Ковшик А. П., Ганцева Н. Л.//Оптика и спектроскопия. 1973. Т. 25. № 5. С. 880.
27. Цветков В. Н., Сосновский А. Н.//Журн. эксперим. и теорет. физики. 1943. Т. 13. № 9/10. С. 353.
28. *Sigaud G., Yoon D. Y.; Griffin A. C.*//Macromolecules. 1983. V. 16. № 6. P. 875.
29. *Straley J. P.*//Phys. Rev. A. 1973. V. 8. № 8. P. 2181.

Институт высокомолекулярных соединений
Российской академии наук,
Санкт-Петербург

Поступила в редакцию
13.06.91

V. N. Tsvetkov, L. N. Andreeva, A. P. Filippov,
G. S. Smirnova, S. S. Skorokhodov, A. Yu. Bilibin

ELASTIC DEFORMATIONS OF THE POLYMER NEMATIC IN MAGNETIC FIELD

Summary

Elastic deformations of homogeneously oriented layers of thermotropic polymer and low-molecular nematics in magnetic field have been studied using the «Frederiks transitions» method. In the $(3.0\text{--}12.7) \cdot 10^3$ MM range some fractions of aromatic LC polyester with the siloxane spacer in the backbone and low-molecular phenylene terephthalate «monomer» were studied. Temperature dependences of the order degree S and the longitudinal bending constant K_3 of fractions and samples under study were determined. Independence of S and K_3 values on MM in this MM range was shown. The K_3/K_1 values (where K_1 is the elasticity constant of the lateral bending) were evaluated for the polymer and monomer under study. The obtained experimental data permit to conclude, that the orientation of the polymer nematic in magnetic field proceeds following the mechanism of local motion of its molecular chains.